

# ATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-347379  
(43)Date of publication of application : 22.12.1994

(51)Int.Cl.

G01M 19/00

(21)Application number : 05-134572

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 04.06.1993

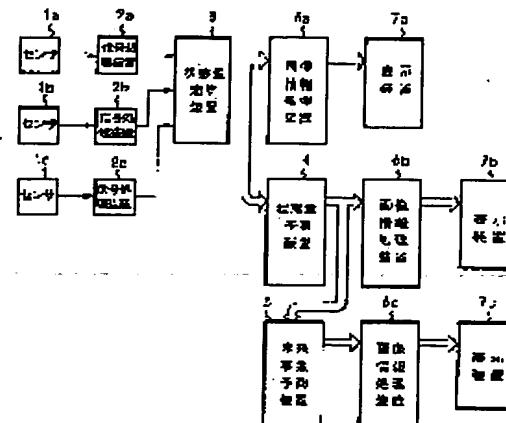
(72)Inventor : TAKAHASHI FUMINOBU  
KOIKE MASAHIRO  
UCHIDA SHUNSUKE  
FUJIMORI HARUO  
YAMADA IZUMI  
FUKUZAKI KOJI  
NAGASE MAKOTO

## (54) PLANT MONITORING AND DIAGNOSING SYSTEM AND NON-DESTRUCTIVE INSPECTING AND DIAGNOSING SYSTEM

### (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a non-destructive inspecting and diagnosing system which can exactly monitor and diagnose a plant and easily recognize an occurred defect.

CONSTITUTION: Reference characters 1a-1c show sensors, and 2a-2c show signal processors. A state quantity calculator 3 calculates a quantity of state for representing an environment of a plant based on monitor information to be input from the processors 2a-2c. A state predicting unit 4 calculates to predict the quantity of the state after a predetermined time based on the quantity of the state, monitor information to be input from the calculator 3 and timing change of the quantity of the state. A future event predicting unit 5 predicts a future event based on the predicting information of the quantity of the state to be input from the unit 4. An image information processor 6a converts the quantity of the state to be input from the calculator 3 into image information, and displays it on a display unit 7a. An image information processor 6b converts the predicted quantity of the state after the predetermined time to be input from the unit 4 into image information, and displays it on a display unit 7b. An image information processor 6c converts the future event predicted by the unit 5 into image information, and displays it on a display unit 7c.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.02.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3169036

[Date of registration] 16.03.2001

[Number of appeal against examiner's decision]

(10)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-347379

(43)公開日 平成6年(1994)12月23日

(51)Int.Cl.  
G01M 19/00識別記号  
F1  
Z

技術表示箇所

## 審査請求 未請求 請求項の数21 OL (全16頁)

(21)出願番号

特願平5-134572

(22)出願日

平成5年(1993)8月4日

(71)出願人

000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者

高橋 文信

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者

小池 正治

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者

内田 優介

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所エネルギー研究所内

(74)代理人

弁理士 高田 幸彦

最終頁に続く

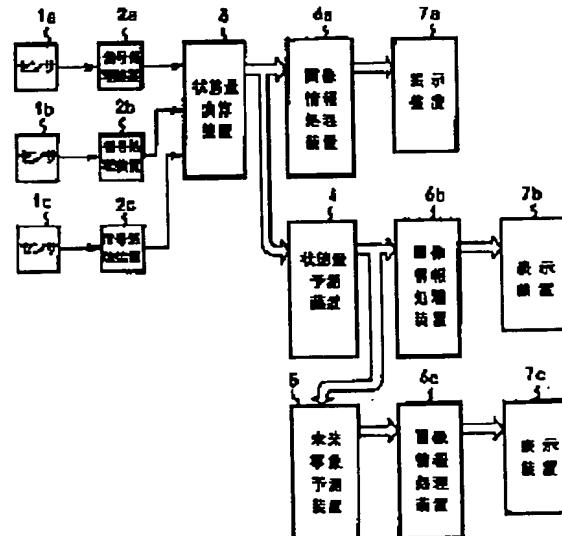
## (54)【発明の名前】 プラント監視診断システム及び非破壊検査診断システム

## (57)【要約】 (修正有)

【目的】的確にプラントの監視診断ができ、発生した欠陥を容易に認識できる非破壊検査診断システムを提供する。

【構成】1a～1cはセンサで、2a～2cは信号処理装置である。状態量演算装置3は、信号処理装置2a～2cから入力される監視情報に基づいてプラントの環境を表す状態量を演算する。状態量予測装置4は、装置3から入力される状態量、監視情報、及び状態量の時間的变化に基づいて所定時間後の状態量を予測演算する。未来事象予測装置5は、装置4から入力される状態量の予測情報を基づき、未来事象を予測する。画像情報処理装置6aは、装置3から入力される状態量を画像情報に変換し、表示装置7aで表示する。画像情報処理装置6bは、装置4から入力される所定時間後の予測状態量を画像情報に変換し、表示装置7bで表示する。画像情報処理装置6cは、装置5により予測された未来事象を画像情報に変換処理し、表示装置7cに表示する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求めて該状態量を表示すると共に、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項2】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測して該所定時間後の状態量を表示すると共に、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項3】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求めて該状態量を表示し、該状態量から所定時間後の状態量を予測して該所定時間後の状態量を表示すると共に、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項4】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求めて該状態量を表示すると共に、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項5】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測して該所定時間後の状態量を表示すると共に、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項6】プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求めて該状態量を表示し、該状態量から所定時間後の状態量を予測して該所定時間後の状態量を表示すると共に、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項7】プラントの監視情報から環境の状態量を求めて該状態量を表示すると共に、該状態量の時間的変化、現在の状態量、及び前記監視情報から所定時間後の状態量を予測し、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされ

る波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項8】請求項1乃至7の何れかにおいて、前記状態量の変化に応じて、前記状態量の表示を変化させることを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項9】請求項1乃至8の何れかにおいて、前記状態量又は前記事象の表示を画像で行うことを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項10】請求項9において、前記表示画像は、前記状態量又は前記事象を模倣的に表現した動画像を含むことを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項11】請求項9において、前記所定時間後の状態量を予測するに当っては複数の監視情報を用い、各監視情報の関連性から逸脱した監視情報を異常と判定し、該異常と判定した監視情報を提供するセンサ、信号系統、又は処理系統を、正常状態と区別する画像で表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項12】請求項1乃至9の何れかにおいて、前記所定時間後の状態量を予測するに当っては複数の監視情報を用い、

各監視情報の関連性から逸脱した監視情報を異常と判定し、該異常監視情報と他の監視情報の所定時間後の変化量との相間が認定された時点で前記異常監視情報を正常と判定し、前記異常監視情報を与えた事象を推定することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項13】プラントの監視情報から所定時間後の環境の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定して該事象を表示すると共に、

想定した操作量に対する前記状態量の変化を予測し、該状態量の変化に基づいて生じる未来事象を推定して該事象を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項14】請求項13において、前記想定した操作量に対する状態量の変化を与える監視情報と、実際の操作量に応じて変化した監視情報を比較して、該監視情報を提供するセンサ、信号系統、又は処理系統の正常・異常を判定し、その判定結果を表示することを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項15】請求項13又は14において、前記事象の表示を画像で行うことを特徴とするプラント監視診断システム。

【請求項16】プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、該欠陥の現在の状態を表示すると共に、

該欠陥の進展を予測し、所定時間後の欠陥の状態を表示することを特徴とする非破壊検査診断システム。

【請求項17】プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊

**検査診断システムにおいて、**

該欠陥の現在の状態を表示すると共に、  
該欠陥の進展を予測して所定時間後の欠陥の状態を求め、  
該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記欠陥の進展により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とする非破壊検査診断システム。

【請求項18】プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、  
該欠陥の進展を予測して所定時間後の欠陥の状態を求め、該所定時間後の欠陥の状態を表示すると共に、  
該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記欠陥の進展により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とする非破壊検査診断システム。

【請求項19】プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、  
該欠陥の現在の状態を表示し、  
該欠陥の進展を予測して所定時間後の欠陥の状態を求め、該所定時間後の欠陥の状態を表示すると共に、  
該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記欠陥の進展により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することを特徴とする非破壊検査診断システム。

【請求項20】プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、  
該欠陥の現在の状態を表示すると共に、  
該欠陥の現在の状態、及び前記構造材又は機器の応力から所定時間後の欠陥の状態を予測して、該所定時間後の欠陥の状態を表示することを特徴とする非破壊検査診断システム。

【請求項21】請求項16乃至20の何れかにおいて、前記状態又は前記事象の表示を画像で行なうことを特徴とするプラント監視診断システム。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は診断システムに係り、特に、プラント監視診断及び非破壊検査診断に好適な診断システムに関する。

**【0002】**

【従来の技術】従来のプラントにおいては、プラントを構成する各機器の系統に応じて、ランプの点滅、計器類の指示値の表示、コンピュータで処理した情報のディスプレイへの表示、或いはこれらの複合化された情報の表示を行なうことにより、プラントの運転状態を運転員に知らせていた。従って、運転員はこれらの情報に基づいて、運転員の知識・経験を通してプラントの運転状態・環境状態を総合的に判断していた。また、画像によって

プラントの運転状態・環境状態を監視する場合、その画像の対象は肉眼で直接観測できるか、又は撮像装置を通して間接的に観測できる個所に限られていた。

【0003】更に、従来の非破壊検査診断では、X線CT装置や超音波探傷装置等によって、プラント構造材や機器の内部欠陥を検出し、映像表示することが行なわれている。プラントの監視装置に関する従来技術としては、特開昭59-212796号公報に、炉内圧力、給水流量などの物理量を入力して正常運転時の値で規格化し、物理量の過去の規格値と現在の規格値から要求時間後の規格値を推定して、現在の規格パターンと要求時間後の規格パターンとを同時に表示する監視装置が記載されている。

【0004】また、特開昭60-191389号公報には、各種計測信号からプラントの運転状態を示す複数の状態信号を求め、各状態信号を特定の画像として表示する複数の表示器を備え、各種計測信号に基づいて異常を検出したとき、異常の種別に応じて選択した前記表示器に異常が生じた系統に関連する画面を表示する監視装置が記載されている。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】上記従来のプラント監視診断では、プラントの観測できない個所の状態の認識、及びプラントの環境状態の推移により生じる未来事象の認識は、運転員の豊かな経験・知識、及び高い洞察力に頼る必要がある。

【0006】また、非破壊検査診断において、検出された欠陥の存在がどの程度重大であるか、またその欠陥が将来どのような波及事象を引き起こすかを検査員が予測することは困難である。

【0007】本発明の第1の目的は、運転員が豊富な経験・知識を有しなくても的確にプラントの監視診断ができるプラント監視診断システムを提供することにある。

【0008】本発明の第2の目的は、検査対象に発生した欠陥の重大性を検査員が容易に認識できる非破壊検査診断システムを提供することにある。

**【0009】**

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するため、本発明は、プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定し、該事象を表示するようにしたものである。

【0010】また、第1の目的を達成するために、プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされる波及事象を推定

し、該事象を表示するようにしたものである。

【0011】また、第1の目的を達成するために、プラントの監視情報から所定時間後の環境の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定して該事象を表示すると共に、想定した操作量に対する前記状態量の変化を予測し、該状態量の変化に基づいて生じる未来事象を推定して該事象を表示するようにしたものである。

【0012】また、第2の目的を達成するために、プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、該欠陥の現在の状態を表示すると共に、該欠陥の進展を予測し、所定時間後の欠陥の状態を表示するようにしたものである。

【0013】また、第2の目的を達成するために、プラントの構造材又は機器に発生した欠陥を検出し、該欠陥の位置及び大きさを測定する非破壊検査診断システムにおいて、該欠陥の進展を予測して所定時間後の欠陥の状態を求め、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記欠陥の進展により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示するようにしたものである。

#### 【0014】

【作用】本発明によれば、プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定し、該事象を表示することにより、プラントの現在の環境状態が推移して発生する未来事象を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び波及事象を容易に監視診断できる。

【0015】また、プラントの監視情報から環境の現在の状態量を求め、該状態量から所定時間後の状態量を予測し、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記現在の状態量の推移により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することにより、新たに発生する波及事象を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び波及事象を容易に監視診断できる。

【0016】また、プラントの監視情報から所定時間後の環境の状態量を予測し、該所定時間後の状態量からボイドの発生などの未来事象を推定して該事象を表示すると共に、想定した操作量に対する前記状態量の変化を予測し、該状態量の変化に基づいて生じる未来事象を推定して該事象を表示することにより、プラントの現在の環境状態が推移して発生する未来事象と、想定した操作量に対して生じる未来事象の両方を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び未来事象を容易に監

視診断できると共に、適切な対応を採ることができる。

【0017】また、プラントの構造材又は機器に発生した欠陥の現在の状態を表示すると共に、該欠陥の進展を予測し、所定時間後の欠陥の状態を表示することにより、欠陥の将来の進展状況を検査員に視覚的に認識させることができるので、検査員は欠陥の重大性を容易に認識することができる。

【0018】また、プラントの構造材又は機器に発生した欠陥の進展を予測して所定時間後の欠陥の状態を求める、該予測結果と、プラントの構造材又は機器の耐久性能とを比較して前記欠陥の進展により引き起こされる波及事象を推定し、該事象を表示することにより、欠陥が将来引き起こす波及事象を検査員に視覚的に認識させることができるので、検査員は欠陥の重大性を容易に認識することができる。

【0019】尚、本明細書においては、プラントのいわゆる異常に当たるガス・流体のリーク、容器の破壊、配管・ノズルの破断などを波及事象と呼び、これらの波及事象と、観測が困難なボイドの発生、容器の膨張などを含めて未来事象と呼ぶ。

#### 【0020】

【実施例】以下、図面を用いて本発明の実施例を説明する。図1に本発明をプラント監視診断システムに適用した第1の実施例を示す。1a, 1b, 1cはそれぞれプラントを監視するセンサで、2a, 2b, 2cはそれぞれのセンサの信号処理装置である。状態量演算装置3は、信号処理装置2a, 2b, 2cから入力される温度、圧力などの監視情報に基づいてプラントの環境を表す状態量を演算し、必要に応じて監視情報及び状態量の時間的変化を記憶する。状態量予測装置4は、状態量演算装置3から入力される状態量、監視情報、及び状態量の時間的変化に基づいて所定時間後の状態量を予測演算する。未来事象予測装置5は、状態量予測装置4から入力される状態量の予測情報を基づいて、それにより引き起こされる未来事象を予測する。画像情報処理装置6aは、状態量演算装置3から入力される状態量を画像情報に変換し、その画像情報を表示装置7aで表示する。画像情報処理装置6bは、状態量予測装置4から入力される所定時間後の予測状態量を画像情報に変換し、その画像情報を表示装置7bで表示する。画像情報処理装置6cは、未来事象予測装置5により予測された未来事象を画像情報に変換処理し、その画像情報を表示装置7cで表示する。

【0021】図2は、図1のシステムを加圧プラントに適用した場合の表示装置7aの画像表示例を示す。図2は、コンプレッサ101、配管102、加圧タンク103、電磁弁104、ノズル105、タンク内ガス106、温度センサ201、タンク内圧力センサ202、配管の流量センサ203で構成される加圧プラントの環境状態を示す画像を表示装置7aの画面500上に表示したものである。ここで、例えば、環境の状態量をタンク内ガス106の圧力又は温度に指定すると、ガ

スの画像を圧力センサ202 又は温度センサ201 の監視情報に比例した所定の輝度あるいは色相で表示する。

【0022】図3は、図1のシステムを加圧プラントに適用した場合の表示装置7bの画像表示例を示す。図3は図2の画像構成と同じであるが、図2の所定時間後の状態量を予測した画像を示す。この場合、状態量予測装置4による状態量の予測は、以下に述べる演算に基づき実施する。

$$P_t = (1 + S \cdot v_0 \cdot t/V) \cdot (P_0 + R \cdot (T_t - T_0)) \quad \dots \text{[数1]} \quad \dots \text{(数)}$$

【0025】

$$(T_t - T_0) = (P_t - P_0) \cdot V/R \quad \dots \text{[数2]} \quad \dots \text{(数)}$$

2)

ここで、Sは配管102の断面積、Vは加圧タンク103の容積、Rはガス定数である。数1、数2からPt、Ttを求め、図3ではタンク内ガス106の状態量の予測値Pt、Ttに対応した画像を、図2とは異なる輝度又は色相で表示する。

【0026】流量v0を一定にしない場合は、例えば、

$$v_0 \cdot t = \int_0^t \{ v(t) \} dt \quad \dots \text{[数3]} \quad \dots \text{(数)}$$

【0028】図4は、図1に示すシステムを加圧プラントに適用した場合の表示装置7cの画像表示例を示す。図4では、図2、3とは異なり、加圧タンク103の膨脹301及びノズル105からのガスの放出302といった未来事象である波及事象を画像で表示している。尚、事象の表示はこのような画像表示に限らず、文字表示やランプ表示であってもよい。

【0029】このとき、未来事象予測装置5における波

```

if Pt > Pd, then 加圧タンク103 膨張,
if Pt ≤ Pd, then 加圧タンク103 膨張せず,
if Pt ≥ Ps, then 電磁弁104 作動, ノズル105 からガス放出
if Pt < Ps, then 電磁弁104 作動せず
      .....(数4)

```

次に、図5を用いて本発明をプラント監視診断システムに適用した第2の実施例を説明する。1a, 1b, 1cはそれぞれプラントを監視するセンサで、2a, 2b, 2cはそれぞれのセンサの信号処理装置である。状態量演算装置3は、信号処理装置2a, 2b, 2cから入力される監視情報を基づいてプラントの環境を表す状態量を演算し、必要に応じて監視情報及び状態量の時間的変化も記憶する。環境事象演算装置8は、状態量演算装置3から入力される状態量、監視情報、及び状態量の時間的変化に基づいて、観測できない環境状態量及び事象を推定し、その時間的变化も記憶する。この推定した結果は、画像情報処理装置6a及び未来事象予測装置5にそれぞれ出力される。未来事象予測装置5は、環境事象演算装置8から入力される状態量、監視情報、及び状態量の所定時間前から現在までの時間的变化に基づいて、所定時間後の状態

【0023】現時点における流量センサ203の監視情報である流量をv0、温度センサ201の監視情報である温度をT0、圧力センサ202の監視情報である圧力をP0とす。いま、流量v0一定で運転した時、所定時間t後のある圧力Pt及び温度Ttは数1、数2から求めることができる。

$$\text{【0024】} \quad \dots \text{[数1]} \quad \dots \text{(数)}$$

【0025】

.....(数)

現時点までの流量vのトレンドを時間tをパラメータとしたスプライン関数でフィッティングして得られるv(t)を流量の予測値とする。この時、数1中のv0、tを次式のように置換する。

【0027】

.....(数)

【0028】

.....(数)

及事象の予測は以下に述べる手順で実施される。例えば、状態量予測装置4の状態量の所定時間t後での予測値を温度Tt、圧力Ptとする。未来事象予測装置5では、加圧タンク103の変形拘束Pd及び電磁弁104の作動圧力Psと圧力Ptとを比較し、次式に従って波及事象を予測する。

【0029】

.....(数)

【0030】

.....(数)

【0031】

.....(数)

量及び未来事象を予測する。画像情報処理装置6aは、環境事象演算装置8から入力される状態量を画像情報に変換し、その画像情報を表示装置7aで表示する。画像情報処理装置6bは、未来事象予測装置5から入力される状態量及び未来事象を画像情報に変換し、その画像情報を表示装置7bで表示する。

【0032】図6に図5のシステムを発熱沸騰容器に適用した例を示す。図6は、容器107、発熱体300、電磁弁104、ノズル105、容器内蒸気109、水108、温度センサ201, 203, 蒸気圧力センサ202で構成される発熱沸騰容器を示す図である。ここで、容器内の水の沸騰状態は設置しているセンサでは直接把握できないが、その状態が分かれれば発熱沸騰容器内部の制御が容易になる。そこで、図5に示すシステムにより、図7に示すように、容器内部の水の沸騰状態を表すボイド400の画像を圧力センサ202及び

温度センサ201,203 の監視情報に対応させて所定の輝度又は色相で変化させるか、或いは動画像で表示する。

【0032】このとき、図5の環境事象演算装置8における環境事象の推定は、以下に述べる演算に基づき実施する。いま、現時点の圧力センサ202 の監視情報である

$$D = \alpha(T_{w0} - T_{w0}) / P_0 - Fr(P_0, T_c, T_{w0}) \quad \dots\dots(数5)$$

ここで、 $\alpha$ は発熱体300 から水108 への熱流量を示す係数、 $T_c$  は臨界温度、 $Fr$  は温度差( $T_c - T_{w0}$ )及び圧力 $P_0$ での復水量を表す。数5から求まるボイド発生量 $D$ に比例又は対応させて、図7のボイド400 の輝度又は色相を変化させるか、上昇速度を速めるか、大きさを変化させるか、或いはこれらを複合して、画像情報処理装置

$$P_p = P_0(V - V_w + D_s) / (V - V_w) \quad \dots\dots(数6)$$

ここで、 $D_s$  は発熱体300 の発熱量一定のときの所定時間 $t$ までのボイドの総発生量、 $V$  は容器107 の容量、 $V_w$  は水108 の量である。発熱体300 の発熱量が変化する

$$D_s = \int_0^t [D(t)] dt$$

【0037】次に、圧力 $P_p$  と電磁弁104 の作動圧力 $P_e$ とを比較し、次式から、波及事象を予測する。

if  $P_p \geq P_e$ , then 電磁弁104 作動、ノズル105 から蒸気放出、蒸気圧 $P_p$  低下

if  $P_p < P_e$ , then 電磁弁104 作動せず、蒸気圧 $P_p$  上昇

.....(数7)

【0038】

【数8】

場合は、数5の $D$ を用いて次式から $D_s$  を求める。

【0036】

【数7】

併用してもよい。

【0040】次に、図15を用いて本発明をプラント監視診断システムに適用した第4の実施例について説明する。同図で、1a, 1b, 1cはプラントを監視するセンサ、2a, 2b, 2cはそれぞれのセンサの信号処理装置である。状態量演算装置3は、信号処理装置2a, 2b, 2cから入力される監視情報に基づいてプラントの環境を表す状態量を演算し、必要に応じて監視情報及び状態量の時間的変化を記憶する。環境事象演算装置8は、状態量演算装置3から入力される状態量、監視情報、及び状態量の時間的变化に基づき、観測できない環境状態量及び事象を演算し、その時間的变化も記憶する。この演算結果は異常監視装置9及び未来事象予測装置5にそれぞれ出力される。異常監視装置9は、信号処理装置2dを介してセンサ1dの情報を入力し、環境事象演算装置8から入力される情報と合わせて、センサ及び信号処理装置の異常を検知すると共に、この異常にに関する情報と環境事象演算装置8の情報を画像情報処理装置6に输出する。未来事象予測装置5は、環境事象演算装置8から入力される状態量、監視情報、及び状態量の所定時間前から現在までの時間的变化に基づき、所定時間後の状態量及び未来事象を予測する。画像情報処理装置6は、異常監視装置9から入力される状態量を画像情報に変換し、その画像情報を表示装置7aで表示する。画像情報処理装置6bは、未来事象予測装置5から入力される未来事象を画像情報に変

このようにして予測した波及事象に基づき、図5中の画像情報処理装置6bは、例えば、図8のようにノズル105 から蒸気が放出され、蒸気圧 $P_p$  が低下する波及事象を表示装置7bに画像で表示する。この場合、放出される蒸気401 を動画像で表示することも可能である。また、蒸気圧 $P_p$  の低下は、輝度又は色相の変化、或いは容器107 の収縮を示す動画像で表示することも可能である。

【0039】次に、本発明をプラント監視診断システムに適用した第3の実施例について説明する。図4で示したボイド400 や図8中の放出蒸気401 等は実形状が把握困難で、観測できない未来事象である。そこで、第3の実施例では、これらの未来事象を、運転員に直感的に理解し易い模式的な動画像で表示する。例えば、ボイド400 の場合は、図9, 10, 11に示すように、順次ボイドの上昇及び上昇に伴うボイド径の増大を動画像で繰り返し表示する。また、放出蒸気401 の場合は、図12, 13, 14に示すように、順次放出蒸気の蒸気面402 が破線で示す前時点の位置から前方に伝播拡散する状況を繰り返し表示し、放出蒸気401 の放出事象を模式的に動画像で表す。このとき、単に繰り返して動画像を表示するのではなく、図9～11の場合はボイドの単位時間発生量 $D$ に応じて、図12～14の場合は蒸気圧 $P_p$  に応じて、それぞれ動画像の繰り返し周期を変化させることも併用する。更に、図9～11の場合はボイドの単位時間発生量 $D$ に応じて、ボイド104 のボイド径を変化させることを

換し、その画像情報を表示装置7bで表示する。

【0041】図16に図15のシステムを発熱沸騰容器に適用した例を示す。発熱沸騰容器部は、容器107、発熱体300、電磁弁104、ノズル105、容器内蒸気109、水108、温度センサ201, 203、蒸気圧力センサ202、流量センサ204で構成される。図15中のセンサ1dは図16中の流量センサ204に相当する。以下、図15に示すシステムにより、図16の各センサ201, 202, 203の異常を監視する場合を説

$$D = \alpha(T_{m0} - T_{w0}) / P_0 - Fr(P_0, T_c - T_{w0}) + M \quad \dots \dots (数9)$$

いま、監視情報 $P_0, T_{w0}, T_{m0}$ の間に数9の関係が成立せず、 $T_{m0}$ を $T_{m0} + \Delta T$ に代えると数9が成立し、且つ $T_{m0}$ 以外の情報に変化がない場合には、温度 $T_{m0}$ の情報が不良、即ち温度センサ203が異常と判定する。この場合、表示装置7aは、図17の破線部分で示すようなセンサ画像の変化450で温度センサ203の異常を表示する。センサ画像の変化450は画像の大きさ、輝度、又は色相の変化、或いはこれらの複合表示や動画像の表示でもよく、文字表示やランプ表示などでもよい。次に、図15のシステムで、異常監視装置9が未来事象予測装置5の情報も含めて異常監視を行なう第5の実施例について

$$D_s = \int_{M_0}^{M_p} \{M(t)\} dt \quad \dots \dots (数10)$$

【0045】数10の等号が成り立たない場合は、次式に従って異常事象を予測する。

$$\text{if } D_s > \int_{M_0}^{M_p} \{M(t)\} dt, \text{ then 容器内の圧力上昇及び流量増加}$$

$$\text{if } D_s < \int_{M_0}^{M_p} \{M(t)\} dt, \text{ then 容器内の圧力低下及び流量減少}$$

【0047】次に、一定時間後の容器内圧力及び流量を測定し、予測事象と比較して異常を判断する。例えば、容器内の圧力上昇及び流量増加を予測したにもかかわらず、これらの測定値が予測したほど増加しない場合は、容器内蒸気のリークがあると判断する。また、容器内の圧力低下及び流量減少を予測したにもかかわらず、これらの測定値は減少せず、水温 $T_w$ が増加し、発熱体温度 $T_m$ は増加しない場合は、温度センサ203の異常と判断する。このような異常の判断結果に基づいて波及事象を画像表示した例を図18に示す。同図は、容器107に蒸気のリークがあると判断し、なお且つ容器内の圧力上昇が止まらず、流量が増加しない場合、容器の破壊事象451或いはノズルの破壊事象452が発生すると推定し、その波及事象を画像で表示している。

【0048】次に、図19を用いて本発明をプラント監

明する。

【0042】例えば、センサ1d即ち流量センサ204の示す単位時間当たりの流量が $M$ であるとき、圧力センサ202、温度センサ201, 203の監視情報である圧力 $P_0$ 、温度 $T_{w0}, T_{m0}$ の間には、次式の関係が成立する。

【0043】

【数9】

説明する。未来事象予測装置5においては、例えば、一定時間 $t$ 経過後の容器107の圧力 $P_p$ を予測する。圧力 $P_p$ は数6から得られる。いま、発熱体300の発熱量を一定とした場合を考え、容器107の容量を $V$ 、水108の量を $V_w$ とし、センサ1d即ち流量センサ204の示す単位時間当たりの流量 $M_0$ が所定時間 $t$ 経過後は $M_p$ になると予測したものとする。このとき、所定時間 $t$ までのボイドの総発生量 $D_s$ と流量とは次式の関係が成立する。

【0044】

【数10】

【0046】

【数11】

【0049】いま、電磁弁104閉のまま、操作員が制御装置10により給電装置12を介して発熱体300への給電量を増加させると、現時点の圧力センサ202の監視情報である圧力 $P_0$ 、温度センサ201, 203の監視情報である温度 $T_{w0}, T_{m0}$ は増加すると予想される。この予想に反す

視診断システムに適用した第6の実施例を説明する。同図は、図15のシステムに制御装置10、駆動装置11、及び給電装置12を追加した構成となっている。以下、図19のシステムを図20に示す発熱沸騰容器部に適用した例を説明する。図20は、図6に示した装置構成に発熱体300に電力を供給する給電装置12と、電磁弁104を駆動する駆動装置11とかかわった構成であり、給電装置12及び駆動装置11は制御装置10で制御される。図19のその他の構成は図15と同じであるので、ここでは説明を省略する。

【0049】いま、電磁弁104閉のまま、操作員が制御装置10により給電装置12を介して発熱体300への給電量を増加させると、現時点の圧力センサ202の監視情報である圧力 $P_0$ 、温度センサ201, 203の監視情報である温度 $T_{w0}, T_{m0}$ は増加すると予想される。この予想に反す

る情報が得られた場合、その情報をもたらすセンサが異常、或いは発熱体300が異常であると推定できる。もちろん、発熱体300が異常の場合、圧力P0、温度Tw0は増加しないので、センサ203（温度Tw0の情報源）の異常と区別できる。

【0050】同様に、発熱体300への給電量を変えずに、操作員が制御装置10により駆動装置11を介して電磁弁104を開にすると、圧力P0は低下し、流量M0及びボイドの単位時間発生量Dは増加するが、その後、圧力P0、流量M0、ボイド発生量Dは平衡状態となり、一定値になると予想される。この予想に反して、流量M0がゼロなら電磁弁104が閉のままであり、電磁弁104又は駆動装置11が異常、或いは操作員の誤操作と判定できる。このとき、制御装置10から操作員に対して再操作を要求して、操作員に再操作させ、同様に流量M0がゼロであれば、誤操作が原因でなく電磁弁104又は駆動装置11が異常と判定する。

【0051】さらに、電磁弁104開の操作後、圧力P0、温度Tw0、Tw0、流量M0、及びボイド発生量Dの変化を監視し、所定時間後に一定値にならない場合は、一定値にならない情報を与えるセンサ又は容器構造物に異常があると判定する。圧力P0、温度Tw0、流量M0が減少のままであれば発熱体300の異常、圧力P0のみ減少しボイド発生量Dは一定であるならば圧力センサ202の異常、等と判定する。このようにして判定した異常事象は、例えば、図17で示したセンサ異常事象450、図18で示した破壊事象451及び破断事象452のように画像で表示する。

【0052】次に、運転員が操作する前に、その操作量が適正かどうかを確認するための機能について説明する。例えば、運転員が電磁弁104を開から閉に操作したい場合、図19中の未来事象予測装置5に電磁弁104を開から閉にするという想定操作量を運転員が入力する。未来事象予測装置5では、現時点における圧力P0、温度Tw0、Tw0、流量M0、及びボイド発生量Dに基づいて、電磁弁104を開としたときの圧力Pp、温度Twp、Twp、及びボイド発生量Dpを予測する。この予測値に従って、画像情報処理装置6bは表示装置7bにより予測状態量及び未来事象を画像で表示する。例えば、ボイド発生量の予測値Dpは図9～11で示したような動画像により、予測圧力Pp、温度Twp、Twpは図7aに示したように蒸気109、発熱体300、水108の表示輝度又は色相を圧力、温度に関連付けて変化させ表示する。

$$F\{A(x_0, y_0, z_0)\} = F\{A(x, y, z)\} / F\{H(x, y, z)\} \quad \dots \quad (数13)$$

ここで、関数Aは存在確率を示し、欠陥が存在する座標上では1、存在しない座標上では0となる関数であり、関数Fはワーリエ変換を示し、H(x, y, z)は座標(x, y, z)での超音波の強度を示す関数である。数13は、一般にホログラフィ像再生演算と呼ばれる処理である。本処理を施すことにより、超音波の拡散伝播による影響を

【0053】また、予測圧力Ppと電磁弁104の動作圧力Peとを比較し、数8に従って未来事象を予測する。電磁弁104から蒸気がリークすると判定した場合には、図8で示したように放出蒸気401を表示する。このような表示画像により、運転員が操作する前に、その操作量が適正かどうかを確認できると共に、その操作によってプラントシステムがどのように変化するかを事前に把握できる。

【0054】次に、図21を用いて本発明を非破壊検査診断システムに適用した第7の実施例を説明する。本システムは、軌道16を使ってセンサ1を配管17表面上で、溶接部18に直交方向及び平行方向に走査する走査装置15と、走査装置15の駆動制御を行う走査制御装置13と、センサ1の送受信を制御し且つセンサ情報及び走査制御装置13からのセンサ位置情報を処理する信号処理装置14と、信号処理装置14の情報を基づいて配管溶接部18に存在する欠陥の形状・大きさ等の物理量を演算する状態量演算装置3と、状態量演算装置3から得られる欠陥の物理量をもとに所定時間経過後の欠陥の進展を予測する状態量予測装置4と、その演算結果を画像情報に変換処理する画像情報処理装置6と、欠陥の画像を表示する表示装置7とで構成される。

【0055】いま、センサ1に超音波探触子を使用し、その超音波を配管溶接部18に直交方向から、斜角θで入射させる。この時、配管溶接部18に平行方向をX軸、直交方向をY軸、配管表面から内厚方向をZ軸とし、配管表面のZ座標をゼロとすると、欠陥の座標(x, y, z)は、次式のようになる。

【0056】

【数12】  $x = X_s$

$$y = Y_s + (v \cdot t_1 \cdot \sin \theta) / 2$$

$$z = (v \cdot t_1 \cdot \cos \theta) / 2 \dots \dots (数12)$$

ここで、Xs, Ysはそれぞれセンサの走査位置、vは配管中の音速、t1はセンサから発信された超音波が欠陥面で反射され再びセンサで受信されるまでの超音波の配管中の伝播時間であり、信号処理装置14で測定される。実際には、超音波は拡散伝播するので、数12で得られる欠陥の座標(x, y, z)を、状態量演算装置3で次式のように処理して正確な欠陥の座標(x0, y0, z0)を得る。

【0057】

【数13】

$$F\{A(x_0, y_0, z_0)\} = F\{A(x, y, z)\} / F\{H(x, y, z)\} \quad \dots \quad (数13)$$

低減し、正確な欠陥の座標が得られる。

【0058】また、欠陥のX, Y, Z軸上の長さLx, Ly, Lzはそれぞれ次式から得られる。

【0059】

$$\begin{aligned} \text{【数14】 } L_x &= x_{\max} - x_{\min} \\ L_y &= y_{\max} - y_{\min} \end{aligned}$$

$$L_z = Z_t - z_{0\min} \dots \text{〔数14〕}$$

ここで、 $Z_t$  は配管17の肉厚、 $x_{0\max}$ ,  $y_{0\max}$  は欠陥の存在する X, Y 座標の最大値、 $x_{0\min}$ ,  $y_{0\min}$ ,  $z_{0\min}$  は欠陥の存在する X, Y, Z 座標の最小値である。

【0060】状態量予測装置4は、上記の長さ  $L_x, L_y, L_z$ ,

$$L_{xp} = L_x + f(L_x, K_x, K_z, t)$$

$$L_{yp} = L_y + f(L_y, K_z, K_x, t)$$

$$L_{zp} = L_z + f(L_z, K_x, K_y, t) / 2$$

.....(数15)

ここで、関数  $f$  は亀裂伝播の長さを表す関数で、亀裂伝播の実験値から求めた実験式、又は理論式を用いることができる。また、応力  $K_x, K_y, K_z$  は実験等による既知の値、又は理論的に推定された値を用いる。

【0062】画像情報処理装置6は、数15から得られる欠陥長さの予測値  $L_{xp}, L_{yp}, L_{zp}$  及び欠陥の座標 ( $x_0, y_0, z_0$ ) から表示装置7で欠陥の画像を表示する。図22に、欠陥を表示した例を示す。配管の画像461、溶接部の画像462に対して欠陥の位置及び形状が把握し易い欠陥像460を表示する。図23は、図22で示した画像に対して進展した欠陥像470を表示した例を示す。この場合、欠陥像460と進展した欠陥像470を合わせて表示しても、欠陥像460の輪郭を初期値に、進展した欠陥像470の輪郭を最終値にして、輪郭が移動する動画像で表示しても良い。

【0063】更に、図21のシステムに未来事象予測装置5を追加することによって、所定時間  $t$  経過後の欠陥長さの予測値  $L_{xp}, L_{yp}, L_{zp}$  からその進展で波及する事象を推定できる。即ち、 $L_{zp} \geq Z_t$  であれば欠陥は貫通し、配管内部を通過する流体（例えば、水、蒸気など）のリークの発生を推定する。また、 $L_{xp}, L_{yp}$  が所定値より大きければ、配管の破断の発生を推定する。このようにして、欠陥の貫通及び流体のリークの発生を推定した場合は、図20に示すように、リーク480の事象も合わせて動画像で表示しても、文字表示やランプ表示してもよい。

【0064】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のプラント監視診断システムは、プラントの現在の環境状態が推移して発生する未来事象を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び未来事象を容易に監視診断できる。

【0065】また、本発明のプラント監視診断システムは、新たに発生する波及事象を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び波及事象を容易に監視診断できる。

【0066】また、本発明のプラント監視診断システムは、プラントの現在の環境状態が推移して発生する未来事象と、想定した操作量に対して生じる未来事象の両方

$L_z$  及び各方向の応力  $K_x, K_y, K_z$  に基づいて、所定時間  $t$  経過後の欠陥長さ  $L_{xp}, L_{yp}, L_{zp}$  を次式から予測する。

【0061】

【数15】

を運転員に視覚的に認識させることができるので、豊富な経験・知識を有しない運転員でもプラントの環境状態及び未来事象を容易に監視診断できると共に、適切な対応を採ることができる。

【0067】また、本発明の非破壊検査診断システムは、欠陥の将来の進展状況を検査員に視覚的に認識させることができるので、検査員は欠陥の重大性を容易に認識することができる。

【0068】また、本発明の非破壊検査診断システムは、欠陥が将来引き起こす波及事象を検査員に視覚的に認識させることができるので、検査員は欠陥の重大性を容易に認識することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明をプラント監視診断システムに適用した第1の実施例を示す図。

【図2】図1の表示装置の画像表示例を示す図。

【図3】図1の表示装置の画像表示例を示す図。

【図4】図1のシステムを加工プラントに適用した画像表示例を示す図。

【図5】本発明をプラント監視診断システムに適用した第2の実施例を示す図。

【図6】図5のシステムを発熱沸騰容器に適用した画像表示例を示す図。

【図7】図6の画像にボイドの状態を表示した図。

【図8】図6の画像に蒸気リークの波及事象を表示した図。

【図9】図6の画像にボイドの動画像を表示した図。

【図10】図6の画像にボイドの動画像を表示した図。

【図11】図6の画像にボイドの動画像を表示した図。

【図12】図6の画像に蒸気リークの動画像を表示した図。

【図13】図6の画像に蒸気リークの動画像を表示した図。

【図14】図6の画像に蒸気リークの動画像を表示した図。

【図15】本発明をプラント監視診断システムに適用した第4の実施例を示す図。

【図16】図16のシステムを発熱沸騰容器に適用した画像表示例を示す図。

【図17】図16の画像にセンサ異常状態を表示した図。

【図18】図16の画像に波及事象を表示した図。

【図19】本発明をプラント監視診断システムに適用した第6の実施例を示す図。

【図20】図19のシステムを発熱沸騰容器に適用した画像表示例を示す図。

【図21】本発明を非破壊検査診断システムに適用した第7の実施例を示す図。

【図22】図21の表示装置に欠陥像を表示した図。

【図23】図21の表示装置に進展した欠陥像を表示した図。

【図24】図21の表示装置に欠陥の進展で生じる波及事象を表示した図。

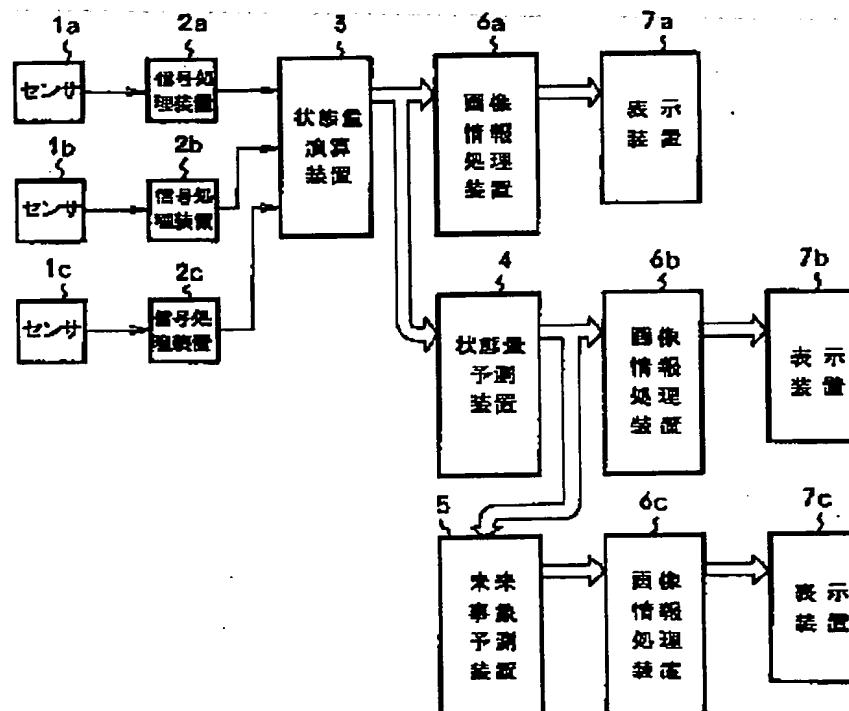
【符号の説明】

1…センサ、1a…センサ、1b…センサ、1c…センサ、2a…信号処理装置、2b…信号処理装置、2c…信号処理装置、3…状態量演算装置、4…状態量予測装置、5…未来事象予測装置、6a…画像情報処理装置、6b…画像情報処理装置、6c…画像情報処理装置、7…

a…表示装置、7a…表示装置、7b…表示装置、7c…表示装置、8…環境事象演算装置、9…異常監視装置、10…制御装置、11…駆動装置、12…給電装置、13…走査制御装置、14…信号処理装置、15…走査装置、16…軌道、17…配管、18…溶接部、101…コンプレッサ、102…配管、103…加圧タンク、104…電磁弁、105…ノズル、106…タンク内ガス、107…容器、108…水、109…蒸気、201…温度センサ、202…圧力センサ、203…流量センサ、204…流量センサ、300…発熱体、301…タンク脇長の画像、302…ガス放出の画像、400…ボイド、401…放出蒸気の画像、402…放出蒸気の蒸気面の画像、450…センサ異常状態の画像、451…破壊事象の画像、452…破断事象の画像、460…欠陥像、461…配管の画像、462…溶接部の画像、470…進展した欠陥像、480…リークの画像。

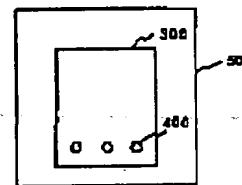
【図1】

図 1

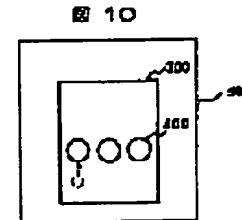


【図9】

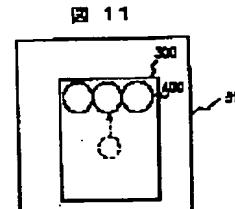
図 8



【図10】

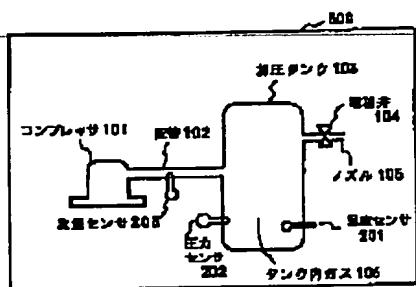


【図11】



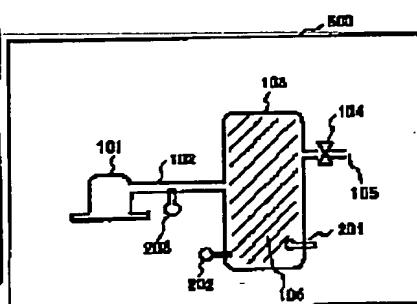
【図2】

図 2



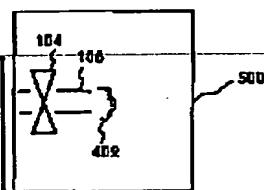
【図3】

図 3



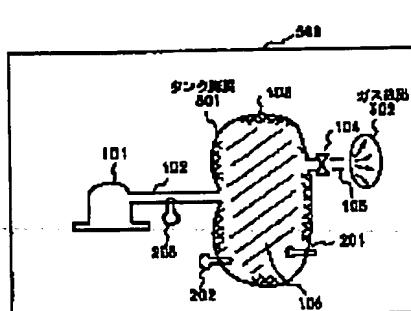
【図12】

図 12



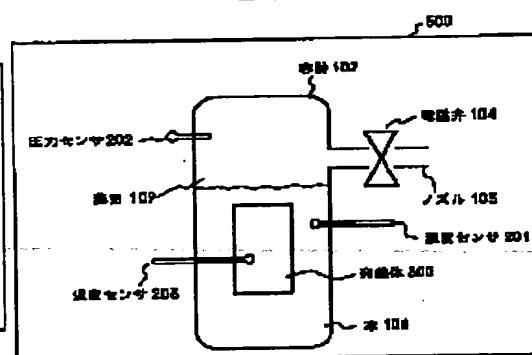
【図4】

図 4



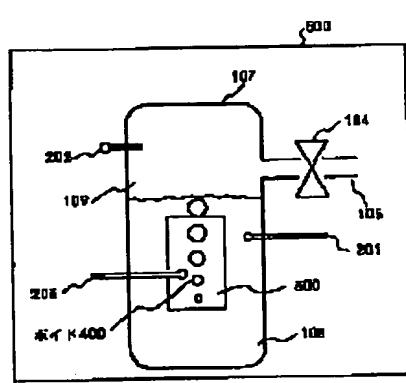
【図6】

図 6



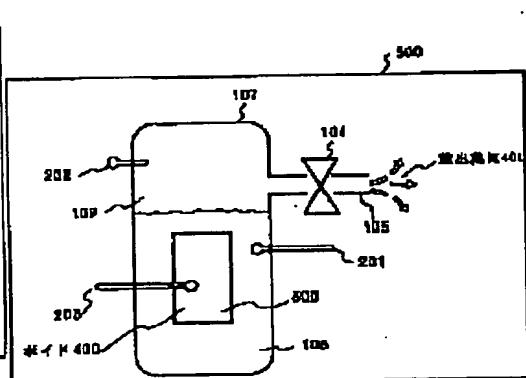
【図7】

図 7



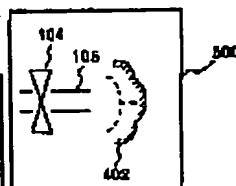
【図8】

図 8



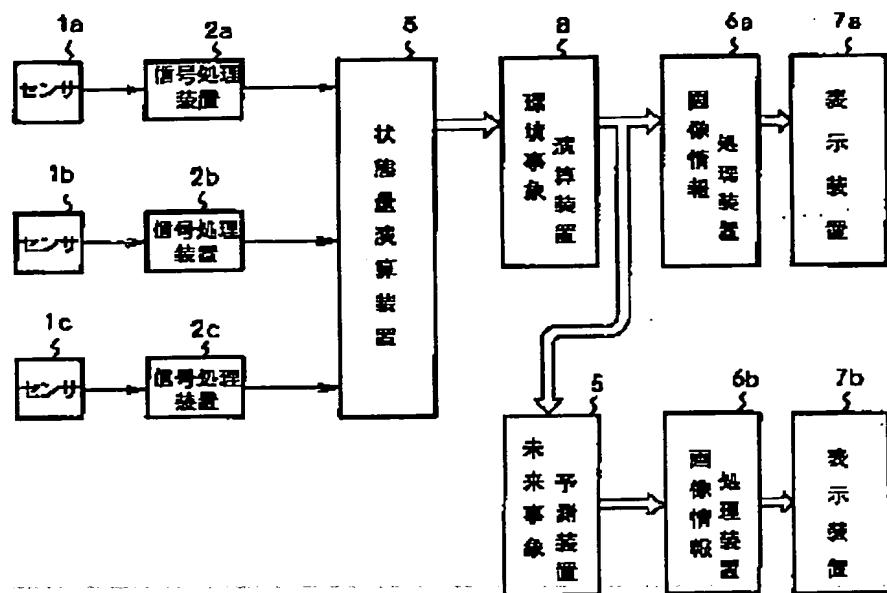
【図14】

図 14



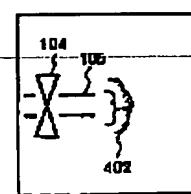
【図5】

図 5



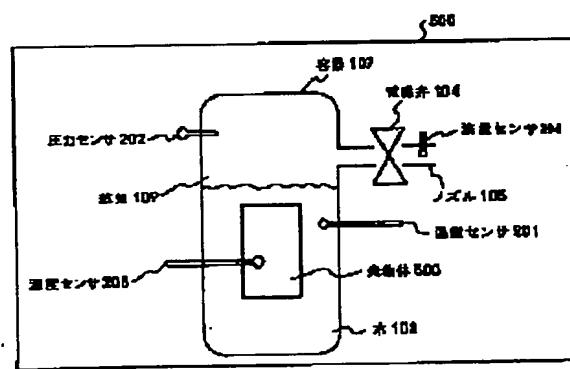
【図13】

図 13



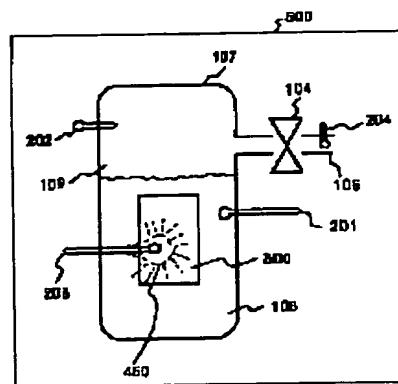
【図16】

図 16



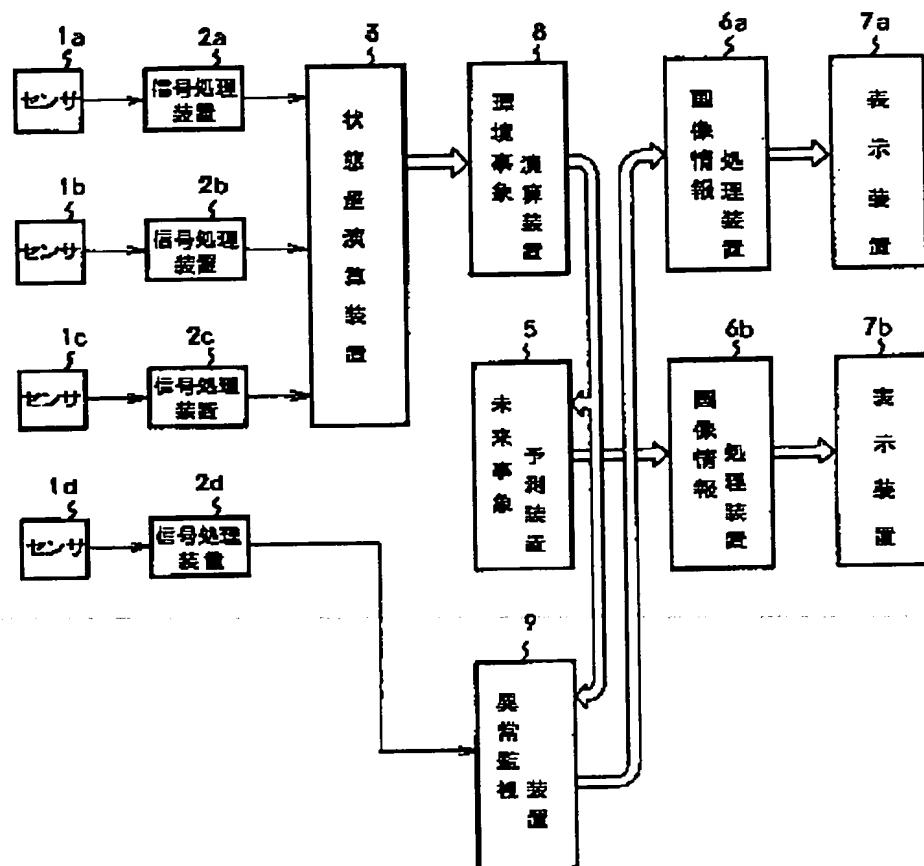
【図17】

図 17



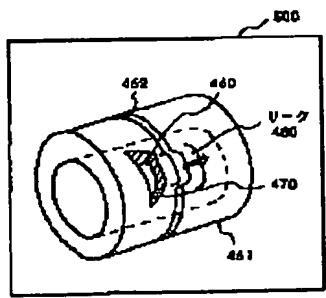
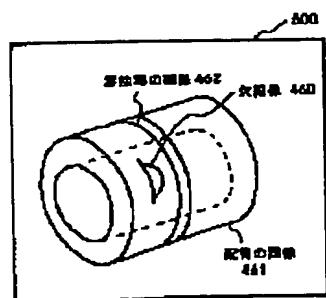
【図15】

図 15



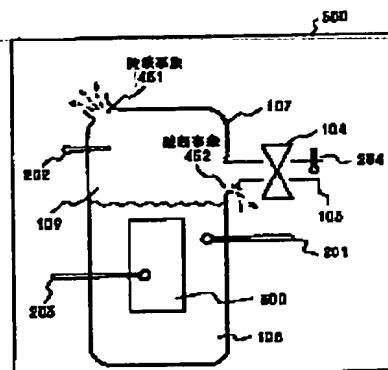
【図22】

図 22



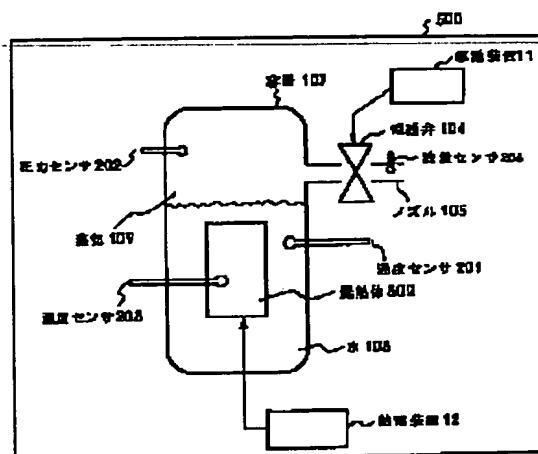
【図18】

図18



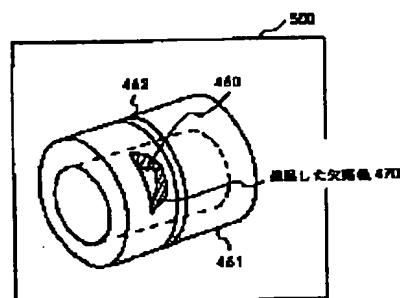
【図20】

図20



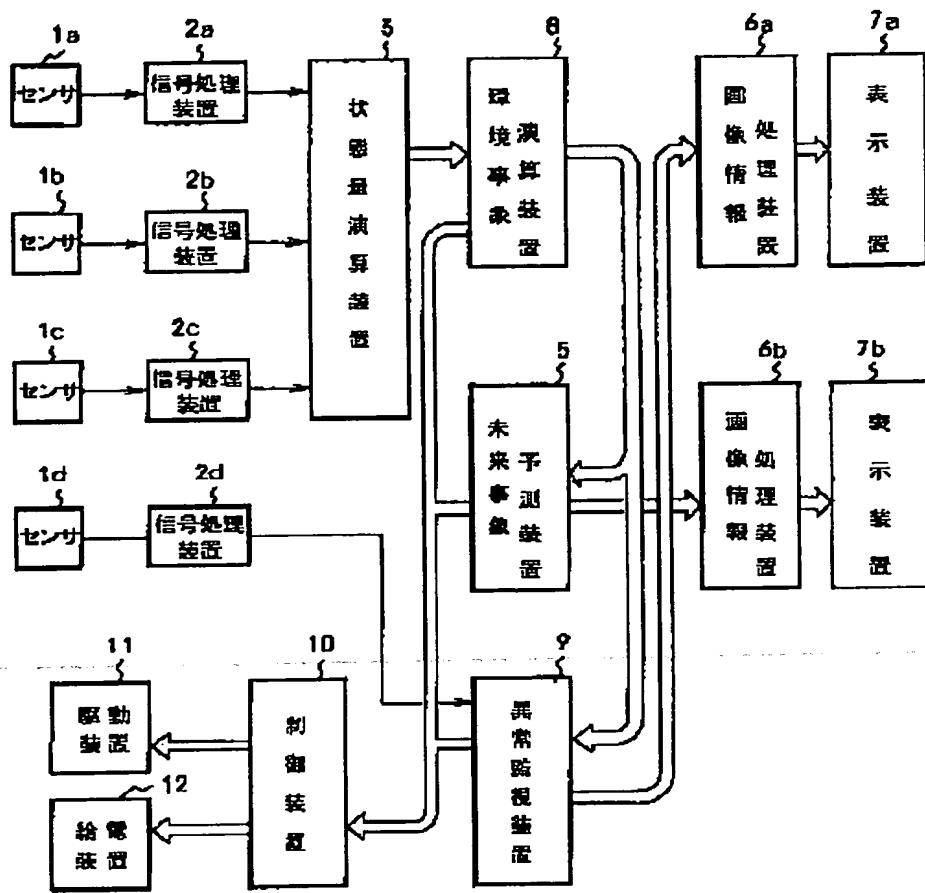
【図23】

図23



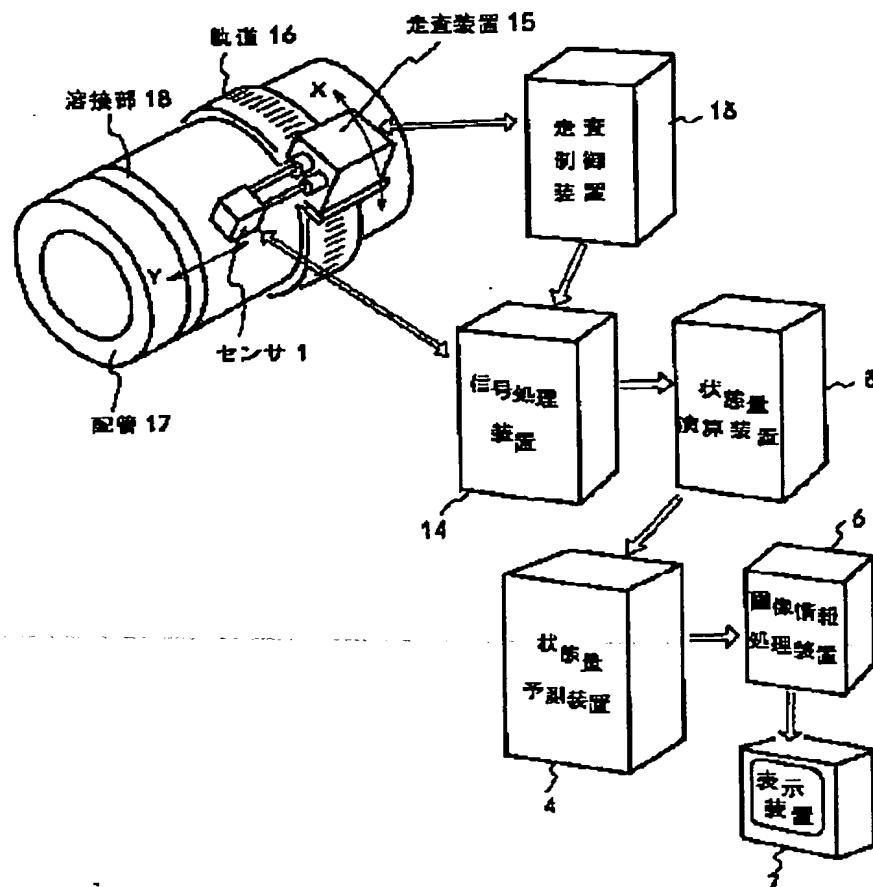
【図19】

図 19



【図21】

図 21



フロントページの続き

(72)発明者 藤森 治男  
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株  
 式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者 山田 泉  
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株  
 式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者 福崎 孝治  
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株  
 式会社日立製作所エネルギー研究所内

(72)発明者 長瀬 誠  
 茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株  
 式会社日立製作所エネルギー研究所内